

УДК 620.17

**В. В. Столяров\***

Институт машиноведения РАН, г. Москва

\**vlstol@mail.ru*

## МАРТЕНСИТНОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ, ВЫЗВАННОЕ ДЕФОРМАЦИЕЙ И ТОКОМ, В СПЛАВЕ TiNi И ТРИП-СТАЛИ

Рассмотрено проявление прямых мартенситных превращений А→М под действием импульсного тока и пластической деформации растяжением, отличающихся наличием (в сплаве TiNi) или отсутствием (в трип-сталях) обратного превращения. Показана зависимость электропластического и трип-эффектов от режима тока и структурно-фазового состояния материалов.

*Ключевые слова:* мартенсит деформации, растяжение, импульсный ток, электропластический эффект, трип-эффект.

**V. V. Stolyarov**

## MARTENSITIC TRANSFORMATION INDUCED BY DEFORMATION AND CURRENT IN TiNi ALLOY AND TRIP STEEL

The manifestation of direct martensitic A→M transformations under the influence of a pulsed current and tensile plastic deformation is considered, which differ in the presence (in the TiNi alloy) or in the absence (in trip steel) of the reverse transformation. The dependence of the electroplastic and trip effects on the current regime and the structural phase state of materials is shown.

*Key words:* martensite 1, tension 2, pulse current 3, electroplastic effect 4, TRIP effect.

**М**артенситное превращение, вызванное пластической деформацией (напряжения), наряду с термическим превращением является важным механизмом регулирования структуры и свойств сплавов. В сплавах с памятью формы TiNi в результате превращения наблюда-

ется сверхупругость, а в метастабильных аустенитных сталях реализуется ТРИП-эффект. Оба эффекта хорошо изучены и используются на практике в условиях комнатной температуры. Особый интерес представляет исследование мартенситных превращений в данных материалах под действием одновременно деформации и тока [1; 2]. Цель работы заключается в понимании роли вида и режимов тока при растяжении в материалах с обратимым и необратимым мартенситным превращением.

Материалами исследования были метастабильная аустенитно (53 %) мартенситная сталь (47 %) 23Х15Н5АМЗ-Ш и закаленный сплав  $Ti_{49,3}Ni_{50,7}$  в крупнозернистом состоянии в форме полос. Образцы испытывали на растяжение со скоростью  $10^{-3}$  с (рис.).

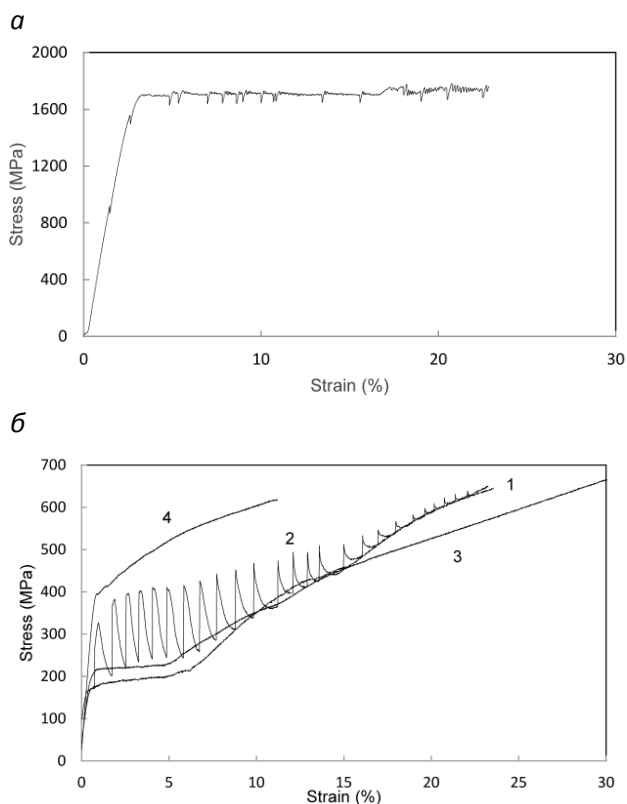


Рис. Деформационное поведение ТРИП-стали:

*a* — одиночные импульсы  $j = 460$  А/мм<sup>2</sup> и сплава  $Ti_{49,3}Ni_{50,7}$ ; *б* — 1-без тока, 18 °С;  
 2 — одиночные импульсы  $j = 500$  А/мм<sup>2</sup>, 24 °С; 3 — многоимпульсный ток  
 $j = 20$  А/мм<sup>2</sup>, 37 °С; 4 — постоянный ток  $j = 4$  А/мм<sup>2</sup>, 69 °С

Введение в ТРИП-сталь одиночных импульсов с высокой плотностью тока не изменило вид кривой, но привело к появлению скачков напряжения вниз (рис., *а*). Одиночные импульсы тока в сплав TiNi (рис., *б*, кривая 2) приводят к слабому тепловому эффекту ( $A_s < 24\text{ }^\circ\text{C} < A_F$ ) и появлению заметных скачков напряжения вверх (связанные с МП), амплитуда которых  $\Delta\sigma$  уменьшается от 150 to 12 МПа с увеличением деформации, при этом скачки напряжения вниз (от ЭПЭ) отсутствуют. Вследствие высокой частоты при многоимпульсном токе (кривая 3) скачки не наблюдаются, однако напряжение в области плато повышается на 30 МПа. Постоянный ток (кривая 4,  $T = 67\text{ }^\circ\text{C}$ ) вызывает типичное для аустенита деформационное поведение, сопровождаемое резким повышением напряжения обратного превращения.

Таким образом, показано, что величина и направление появляющихся скачков напряжения в метастабильных материалах зависят от возможности их прямых и обратных мартенситных превращений.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ\_ИНД,  
грант № 16–58–48001.*

#### **Литература**

1. Stolyarov V. V. Electroplastic effect in nanocrystal and amorphous alloys // Inorganic Materials. 2016. V. 52. № 15. P. 1541–1544.
2. Stolyarov V. V. Features of electroplastic effect in alloys with martensite transformation // Acta Metallurgica Sinica (Engl. Lett.). 2018. № 31 (12). P. 1305–1310.